

## ПРИМЕНЕНИЕ ИГРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УДОБРЕНИЙ В ПЛОДОВОДСТВЕ

И.Г. Ананич, Т.Н. Изосимова

УО «Гродненский государственный аграрный университет»,  
г. Гродно, Республика Беларусь

(Поступила в редакцию 18.05.2011 г.)

**Аннотация.** В статье показано как прием игрового моделирования может быть использован для определения наиболее эффективных микроэлементов, их доз и комбинации при внесении в плодоносящем саду для создания в почве оптимального соотношения химических элементов питания садовых растений, обуславливающих их нормальный рост и развитие.

**Summary.** The article shows how game simulation method can be used to determine the most effective trace elements, their doses and combinations when applying in a fruit-bearing garden. The game simulation method can be used to create the optimal chemical nutrients balance in the soil, where garden plants grow, effecting the normal growth and development of fruit-bearing plants.

**Введение.** На фоне интенсивного применения органических и минеральных удобрений микроудобрения нередко выступают в качестве дополнительного фактора повышения урожайности плодовых культур и улучшения качества продукции. Микроэлементы в сочетании с макроэлементами необходимы для создания в почве оптимального соотношения химических элементов питания садовых растений, обуславливающих их нормальный рост и развитие. В связи с этим очень важным является определение наиболее эффективных микроэлементов, их доз и комбинации при внесении в плодоносящем саду. Для решения этих задач авторами статьи предлагается использовать прием игрового моделирования.

**Цель работы.** Продемонстрировать возможность применения приема игрового моделирования для определения наиболее эффективных микроэлементов, их доз и комбинации при эксплуатации многолетних насаждений.

**Материал и методика исследований.** Теория статистических решений может быть интерпретирована как теория поиска оптимального недетерминированного поведения в условиях неопределенности. Согласно концепции статистического решения, выдвинутой А. Валь-

дом, поведение считается оптимальным, если оно минимизирует риск в последовательных экспериментах. Таким образом, любая задача статистических решений может рассматриваться как игра двух лиц, в которой одним из игроков является «природа» [1].

Для решения рассматриваемой авторами проблемы использование игрового моделирования является наиболее целесообразным приемом. Согласно постановке задачи одним из игроков является производитель продукции, а другим – погода.

Сущность приема игрового моделирования следующая: на первом этапе с помощью нескольких критериев принятия решения проводится анализ исследуемых данных, после чего полученные результаты сравниваются, и выбирается наилучший вариант. Оптимальным для изучаемой проблемы считается тот вариант, который предпочтителен для наибольшего числа критериев.

Для анализа данных в работе применяются критерии Лапласа, Вальда, Сэвиджа и Гурвица [2, 3].

В основе критерия Лапласа лежит «принцип недостаточного основания»: если нет достаточных оснований считать, что вероятности того или иного спроса имеют неравномерное распределение, то они принимаются одинаковыми, и задача сводится к поиску варианта, дающего максимум средних значений, посчитанных для каждой стратегии.

Критерий Вальда обеспечивает выбор осторожной, пессимистической стратегии в той или иной деятельности: для каждого решения выбирается самая худшая ситуация, и среди них отыскивается гарантированный максимальный эффект.

Суть критерия Сэвиджа заключается в нахождении минимального риска. При выборе решения по этому критерию сначала матрице функции полезности сопоставляется матрица потерь, элементы которой отражают убытки от ошибочного действия, то есть выгоду, упущенную в результате принятия определенного решения в конкретном состоянии. Затем по матрице потерь выбирается решение по пессимистическому критерию Вальда, дающее наименьшее значение максимальных потерь.

При использовании критерия Гурвица оптимальная стратегия выбирается на основании выражения:

$$\lambda \min C_{ij} + (1 - \lambda) \max C_{ij}$$

где параметр  $\lambda$  принимает значение от 0 до 1 и выбирается из субъективных соображений. Если  $\lambda$  принять близкой к единице, то это говорит о желании подстраховаться в данной ситуации. Выражение,

приведенное выше, применяется к каждой стратегии, а затем из полученных значений выбирается максимальный результат.

При решении проблемы авторы исходили из того, что на результаты работы отрасли плодводства большое влияние оказывают погодно-климатические условия, вызывающие довольно резкое колебание урожайности многолетних насаждений по годам. В качестве исходного материала были взяты экспериментальные данные, полученные на протяжении трех лет в Белорусском НИИ плодводства.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Рассмотрим данные об урожайности яблони за три года в зависимости от внесения микроудобрений (информация Белорусского НИИ плодводства).

Таблица 1 – Урожайность яблони при почвенном внесении микроудобрений, ц/га.

Варианты внесения микроудобрений	Годы		
	2008	2009	2010
Контроль	170,8	92,5	70,9
Mn <sub>5</sub>	170,5	92,9	69,2
Zn <sub>3</sub>	183,2	100,6	84,9
B <sub>1,5</sub>	180,8	105,5	90,4
Mn <sub>6</sub> + Zn <sub>3</sub>	192,0	107,4	89,4
Mn <sub>6</sub> + B <sub>1,5</sub>	163,6	90,1	70,1
Zn <sub>3</sub> + B <sub>1,5</sub>	173,9	88,4	76,1
Mn <sub>6</sub> + Zn <sub>3</sub> + B <sub>1,5</sub>	194,5	106,9	81,2

Определим, какой вариант применения удобрений следует использовать, чтобы получить максимально возможный результат независимо от погоды.

Как следует из таблицы 1, производитель может использовать один из восьми вариантов внесения удобрений. Второй игрок (погода) имеет три варианта, причём выбор этих вариантов носит случайный характер.

Для ответа на поставленный вопрос применим критерии Лапласа, Вальда, Сэвиджа и Гурвица к экспериментальным данным.

Согласно критерию Лапласа, оптимальным считается тот вариант, который дает максимальную среднюю урожайность. Несложные вычисления показывают, что наиболее предпочтительным является восьмой вариант (средняя урожайность составляет 127,5 ц/га).

Критерий Вальда применительно к рассматриваемой задаче рекомендует считать оптимальным вариант, дающий в наихудших условиях наибольшую урожайность. При использовании этого критерия сначала по каждому варианту находится наименьшая урожайность за 3 года, а затем из полученных значений берется максимальная. В нашем приме-

ре это урожайность 90,4 ц/га, которая соответствует четвертому варианту.

При использовании критерия Сэвиджа необходимо рассчитать матрицу рисков. Для этого за каждый год определяется наибольшая урожайность и от нее отнимается урожайность всех остальных вариантов этого года. В результате получается следующая таблица.

Таблица 2 – Матрица рисков для выбора оптимального варианта по критерию Сэвиджа, ц/га

Варианты внесения микроудобрений	Годы		
	2008	2009	2010
Контроль	23,7	14,6	19,5
Mn <sub>6</sub>	24	14,5	21,2
Zn <sub>3</sub>	11,3	6,8	5,5
B <sub>1,5</sub>	13,7	1,9	0
Mn <sub>6</sub> + Zn <sub>3</sub>	2,5	0	1
Mn <sub>6</sub> + B <sub>1,5</sub>	30,9	17,3	20,4
Zn <sub>3</sub> + B <sub>1,5</sub>	20,6	19	14,3
Mn <sub>6</sub> + Zn <sub>3</sub> + B <sub>1,5</sub>	0	0,5	9,2

После расчёта матрицы рисков определяются максимальные значения по каждому варианту {23,7; 24; 11,3; 13,7; 2,5; 30,9; 20,6; 9,2}, из которых выбирается минимальное положительное, то есть 2,5. Таким образом, согласно критерию Сэвиджа, наиболее приемлемым является пятый вариант.

Анализируя данные с помощью критерия Гурвица, сначала для каждого варианта внесения микроудобрений используется указанная выше формула. Например, примем  $\lambda=0,5$  и рассчитаем соответствующее значение по первой строке (контролю):

$$G_1 = 0,5 \cdot 70,9 + (1 - 0,5) \cdot 170,8 = 120,85.$$

В результате применения формулы для каждой строки получается следующий набор значений: {120,85; 119,85; 134,05; 135,6; 140,7; 116,85; 125,0; 137,85}. Так как максимальным является значение 140,7, то оптимальным следует считать пятый вариант.

Авторами статьи для определения наилучшего варианта игровой ситуации предлагается новый подход, согласно которому сначала по каждому погодному исходу рассчитывается средняя урожайность, а затем каждое значение исходной таблицы делится на соответствующую среднюю величину. Наконец, полученные коэффициенты по каждой строке перемножаются. Максимальное произведение (максимальный интегральный коэффициент) и указывает на оптимальную стратегию.

Использование предлагаемой методики апробировано на примере информации об урожайности яблок в зависимости от внесения различных доз микроэлементов. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Определение оптимальной стратегии на основе интегральных коэффициентов

Варианты	Годы			Частные коэффициенты			Интегральный коэффициент
	2008	2009	2010	2008	2009	2010	
Контроль	170,8	92,5	70,9	0,95	0,94	0,88	0,81
Mn <sub>6</sub>	170,5	92,9	69,2	0,95	0,95	0,87	0,79
Zn <sub>3</sub>	183,2	100,6	84,9	1,02	1,03	1,07	1,13
B <sub>1,5</sub>	180,8	105,5	90,4	1,01	1,08	1,14	1,24
Mn <sub>6</sub> + Zn <sub>3</sub>	192,0	107,4	89,4	1,07	1,09	1,13	1,33
Mn <sub>6</sub> + B <sub>1,5</sub>	163,6	90,1	70,1	0,91	0,92	0,89	0,75
Zn <sub>3</sub> + B <sub>1,5</sub>	173,9	88,4	76,1	0,97	0,90	0,96	0,84
Mn <sub>6</sub> + Zn <sub>3</sub> + B <sub>1,5</sub>	194,5	106,9	81,2	1,09	1,09	1,03	1,22
Средняя урожайность, ц/га	178,7	98,0	79,0	X	X	X	X

Таким образом, оптимальным следует считать пятый вариант (интегральный коэффициент равен 1,33).

**Заключение.** Обобщая вышесказанное можно сделать вывод, что целесообразность использования того или иного варианта применения микроудобрений зависит от выбранного критерия игрового моделирования. Однако оптимальным для изучаемой проблемы целесообразно считать тот вариант, который будет предпочтителен для наибольшего числа критериев. В рассматриваемом примере пятый вариант применения удобрений является оптимальным, так как он предпочтителен в трех случаях из пяти.

В общем случае, если для принятия окончательного решения выбранных для анализа данных критериев не достаточно, то необходимо использовать дополнительно другие критерии [4].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Буддык, Г.М. Статистическое моделирование и прогнозирование: учеб. / Г.М. Буддык. – Минск: НО ООО «БИП-С», 2003. – 399с.
2. Кузнецов, А.В. Экономико-математические методы и модели / А.В. Кузнецов. – Минск: БГЭУ, 2000. – 412с.
3. Экономико-математические методы и модели: учебное пособие для студентов экономических специальностей вузов / Н.И. Хонид [и др.] Минск: БГЭУ, 2000. – 413 с.
4. Юферева, О.Д. Экономико-математические методы и модели: сб. задач / О.Д. Юферева – Минск: БГЭУ, 2002. – 103с.